Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

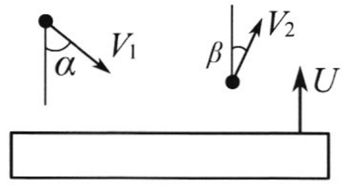
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{3} \right)$ с вертикалью.



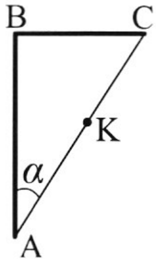
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

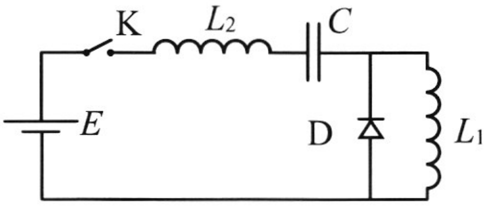
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

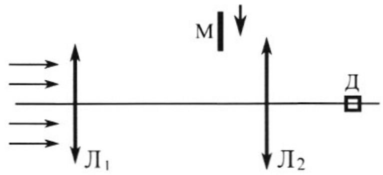
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

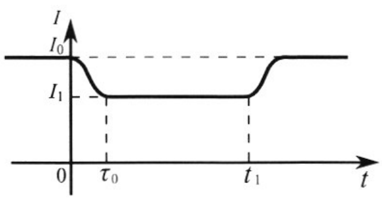
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:
$V_1 = 6$ м/с
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

V_2 - ?
U - ?

Решение:

Т. к. поверхность плиты гладкая и горизонтальная, то в горизонтальном направлении выполняется ЗСИ: $mV_1 \cdot \sin\alpha = mV_2 \cdot \sin\beta$, где m - масса шарика. Отсюда $V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12$ м/с.

Перейдём в систему отсчёта, связанную с плитой: в ней вертикальн~~ая~~ой проекция скорости шарика до удара равна (по модулю) $v_1 \cdot \cos\alpha + u$, после удара - $v_2 \cdot \cos\beta - u$. Если бы удар был упругим, то выполнялось бы равенство $v_1 \cdot \cos\alpha + u = v_2 \cdot \cos\beta - u$, но удар неупругий, т. е. кинетическая энергия шара после удара меньше, чем до $\Rightarrow v_2 \cdot \cos\beta - u < v_1 \cdot \cos\alpha + u \Rightarrow$
$\Rightarrow u > \frac{v_1\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot \cos\beta - \cos\alpha\right)}{2}$; и в то же время $v_2 \cdot \cos\beta - u \geq 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow u \leq v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot \cos\beta \Rightarrow \frac{v_1\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot \cos\beta - \cos\alpha\right)}{2} < u \leq v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot \cos\beta$. Подставляя значения $\left(\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3},\ \cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}\right)$, получим: $\frac{6}{2}\left(2 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{\sqrt{5}}{3}\right) < u \leq 6 \cdot 2 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} \Rightarrow 4\sqrt{2} - \sqrt{5} < u \leq 8\sqrt{2}$.

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с; 2) $4\sqrt{2} - \sqrt{5} < u \leq 8\sqrt{2}$.

№2.

Дано:
$\nu = \frac{6}{25}$ моль
$T_1 = 330$ K, $T_2 = 440$ K

V_1/V_2 - ? T_0 - ? Q - ?

Решение:

Обозначения: V - объём сосуда, V_1 - нач. объём гелия, V_2 - нач. объём неона, T_0 - установ. темп-ра, Q - кол-во теплоты, переданное неоном гелию.

По условию, на поршень действуют только силы давления газов. Учитывая это и медленность процесса, можно считать, что давление в обеих частях сосуда одинаково и постоянно (пусть оно равно p).
Уравнения Менделеева-Клайперона для нач. и конеч. сост-ний:

$$\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1; & (1) \\ pV_2 = \nu R T_2; & (2) \\ pV_0 = \nu R T_0 \; (V_0\text{-установ. объём гелия}); & (3) \\ p(V-V_0) = \nu R T_0. & (4) \end{cases}$$

Из (1) и (2) следует, что $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}$ (тогда $V_1 = \frac{3}{7}V, V_2 = \frac{4}{7}V$).

Из (3) и (4): $p(V-2V_0) = 0 \Rightarrow V_0 = \frac{V}{2}$. Выразим p из (1):

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} \Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_1} V_0 = \nu R T_0; \; T_0 = T_1 \frac{V_0}{V_1} = T_1 \cdot \frac{V/2}{3/7 V} = \frac{7}{6} T_1 =$$
$= 385$ K.

Т.к. сосуд теплоизолирован, то вся теплота, отданная неоном, передалась на нагрев и расширение гелия. Тогда по I-му з-ну термодинамики $-Q = \Delta U + A$ (ΔU-изменение внутр. энергии неона, A-работа неона) (для определённости: Q я принял по модулю, т.е. $Q > 0$). Выше было указано, что $p = const$; тогда $Q = -C_p \nu \Delta T$ ($C_p = \frac{5}{2}$ - моляр. теплоём. при $p = const$ для идеального 1-атомного газа) $= -\frac{5}{2}\nu R(T_0 - T_2)$ (ΔT - изменение температуры неона) $= \frac{5}{2}\nu R\left(T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} - T_1 \cdot \frac{V_0}{V_1}\right) = \frac{5}{2}\nu R T_1 \frac{V_2 - V_0}{V_1} =$
$= \frac{5}{2}\nu R T_1 \cdot \frac{\frac{8-7}{14}}{3/7} = \frac{5}{12}\nu R T_1 = \frac{5}{12} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 \cdot 330 = 274{,}23$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$, 2) $T_0 = 385$ K, 3) $Q = 274{,}23$ Дж.

№5.

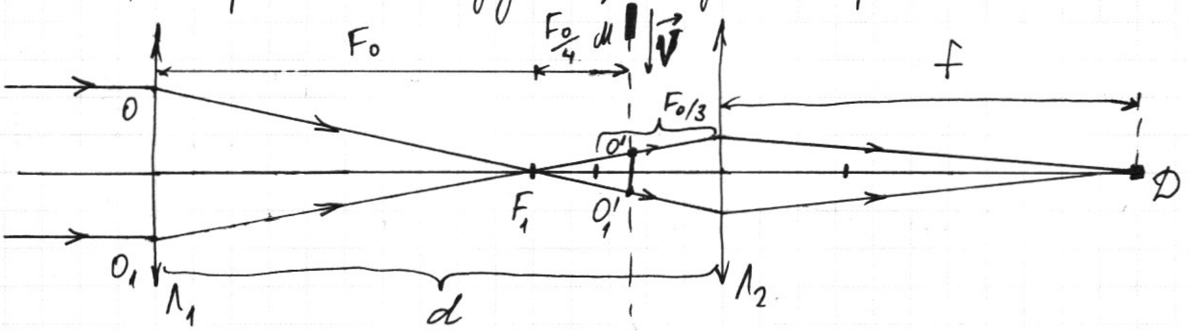
Дано:	Решение:
$F_1 = F_0$ $F_2 = F_0/3$	Обозначения: F_1 - фокусное расст. $Л_1$, F_2 - фокус. расст. $Л_2$, d - расст.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$d = 1{,}5F_0$
$d_1 = \frac{5}{4}F_0$
$I_1 = \frac{8I_0}{9}$
D, τ_0
$f - ?\ V - ?$
$t_1 - ?$

между линзами, d_1 - расст. между центром мишени при пересечении оси и $Л_1$, f - расст. между $Л_2$ и детектором.



После прохождения $Л_1$ пучок соберётся в точке F_1 - фокусе $Л_1$. По формуле тонкой линзы для $Л_2$: $\frac{1}{d-F_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_2}$ =>

$$\Rightarrow \frac{1}{1{,}5F_0 - F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0/3} \Rightarrow f = \frac{F_0^2/6}{F_0/2 - \frac{F_0}{3}} = F_0 \left(f = \frac{F_2(d-F_1)}{d-F_1-F_2} \right).$$

~~Интенсивность~~ Мощность света, падающего на детектор, прямо пропорциональна силе тока в детекторе; но она также прямо пропорциональна потоку света через линзы, т.е. итого $I \sim Ф$. Поток света $Ф \sim S$ (S-площадь сечения пучка), а т.к. в сечении пучок имеет одинаковую интенсивность, то $S \sim D^2 \Rightarrow I \sim D^2$ (D-диаметр сечения). ~~Тогда $\frac{I_1}{I_0}$ =~~ Пусть S'-площадь сечения, в плоскости которого лежит траектория шайбы. Тогда из подобия ΔOO_1F_1 и $\Delta O'O_1'F_1$ (см. рис.) $S' = \left(\frac{F_0/4}{F_0}\right)^2 \cdot S_0$ $= \frac{1}{16} \cdot S_0$ (S_0-площадь сечения пучка до попадания на $Л_1$, $S_0 \sim D^2$). Отсюда $\frac{I_1}{I_0} = \frac{S' - S_M}{S'}$ (S_M-площадь мишени, D_M - её диаметр) =>

$$\Rightarrow \frac{8/9 I_0}{I_0} = \frac{O'O_1'^2 - D_M^2}{O'O_1'^2} \Rightarrow \left(\frac{D_M}{O'O_1'}\right)^2 = 1 - \frac{8}{9} = \frac{1}{9},\ D_M = \frac{1}{3} O'O_1' =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{S'}{S_0}} D = D/12$$ (из подобия ΔOO_1F_1 и $\Delta O'O_1'F_1$).

Заметим, что за время τ_0 шайба успевает, находясь на краю выбранного нами сечения пучка, попасть полностью в это сечение, то есть $v \cdot \tau_0 = D_M = \frac{D}{12} \Rightarrow v = \frac{D}{12\tau_0}$.

По графику $I(t)$: $t_1 = \tau_0 + \frac{O'O_1'}{v}$ ($O'O_1'$ - диаметр выбранного сечения, см. рис. и решение выше) $\Rightarrow t_1 = \tau_0 + \frac{D}{4} \cdot \frac{12\tau_0}{D} = 4\tau_0$.

Ответ: 1) $f = F_0$; 2) $v = \frac{D}{12\tau_0}$; 3) $t_1 = 4\tau_0$.

№4.

Дано:

$\mathcal{E}$

$L_1 = 3L, L_2 = 2L$

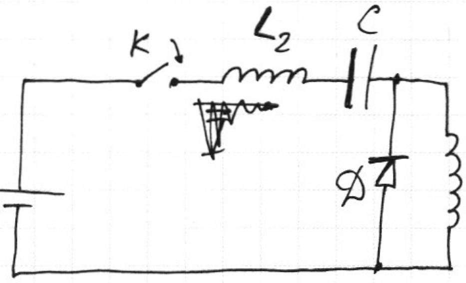
C

T - ?

I_{01} - ?

I_{02} - ?

Решение:



Пусть I - ток через L_2, C и $\mathcal{E}$; I_1 - ток через L_1, I_2 - ток через диод.

По правилам Кирхгофа: $\begin{cases} I = I_1 + I_2; \\ \mathcal{E} = L_2 \frac{dI}{dt} + U_c + L_1 \frac{dI}{dt}. \end{cases}$

(U_c - напряжение на конденсаторе).

Пока $U_C < \mathcal{E}$, ток через диод не течёт, $I_1 = I$. Тогда период колебаний ~~в цепи~~ тока на L_2 $T = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C} = 2\pi\sqrt{5LC}$.

Если $I_{01} = \max(I_1)$, то $\frac{dI_{01}}{dt} = 0$; но если $I_{01} = \max$, то нужно, чтобы $I - I_2 = \max$, т.е. $I_2 = 0$, $I = I_{01} \Rightarrow L_2 \frac{dI}{dt} = 0$, $\mathcal{E} = U_c$. Изменение заряда на C: $q = CU_c - 0 = C\mathcal{E}$.

ЗСЭ: $q\mathcal{E} = \frac{(L_1 + L_2) I_{01}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2 \Rightarrow I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$.

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C} = 2\pi\sqrt{5LC}$, 2) $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$.

№3.

Дано:

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

2) $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, $\alpha = \frac{\pi}{8}$

---

1) E_2/E_1 - ? 2) E - ?

Решение:

Напряжённость бесконечной заряженной плоскости $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, потенциал на расстоянии r - $\varphi = \frac{\sigma r}{2\varepsilon_0}$ (если за нулевой уровень брать точку на плоскости).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Напряжённость в случае 1 (BC заряжен с σ, AB - нет) - $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

В случае 2 найдём потенциал в точке K по принципу суперпозиции: $\varphi_K = \varphi_{AB} + \varphi_{BC} = \frac{\sigma_1 \cdot \frac{1}{2}AB + \sigma_2 \cdot \frac{1}{2}BC}{2\varepsilon_0} = \frac{AB(\sigma_1 + \sigma_2(1-tg\alpha))}{4\varepsilon_0} = \frac{BC(\sigma_2 + \sigma_1 \cdot ctg\alpha)}{4\varepsilon_0} =$

Тогда $E_2 = \sqrt{(d\varphi_K/dAB)^2 + (d\varphi_K/dBC)^2} = \frac{\sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\alpha)^2 + (\sigma_2 + \sigma_1 \cdot ctg\alpha)^2}}{4\varepsilon_0} =$

$= \frac{\sqrt{(1+tg^{-2}\alpha)(\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\alpha)^2}}{4\varepsilon_0 \cdot tg\alpha} = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\alpha)}{4\varepsilon_0 \cdot \cos\alpha} = \frac{\sigma_1 \cdot \cos\alpha + \sigma_2 \cdot \sin\alpha}{4\varepsilon_0 \cdot \cos^2\alpha}$

$= \frac{AB(\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\alpha)}{4\varepsilon_0} = \frac{BC(\sigma_2 + \sigma_1 \cdot ctg\alpha)}{4\varepsilon_0}$. $E_2 = \sqrt{\left(\frac{d\varphi_K}{dAB}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi_K}{dBC}\right)^2} =$

$= \frac{\sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\alpha)^2 (1 + ctg^2\alpha)}}{4\varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 \cdot \cos\alpha + \sigma_2 \cdot \sin\alpha}{4\varepsilon_0 \cos^2\alpha} = \frac{\sqrt{2}\,\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$.

Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$.

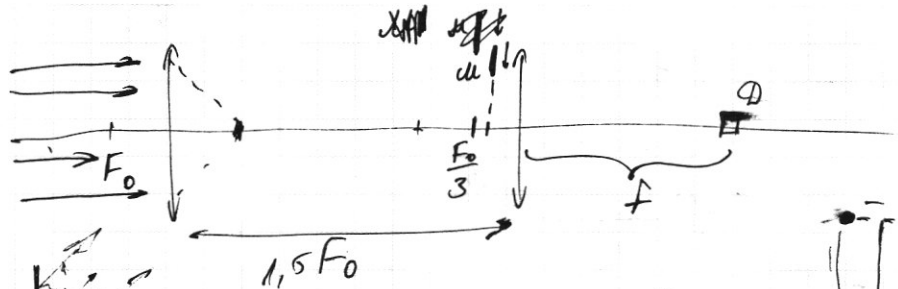
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

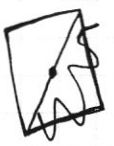
ШИФР

(заполняется секретарём)

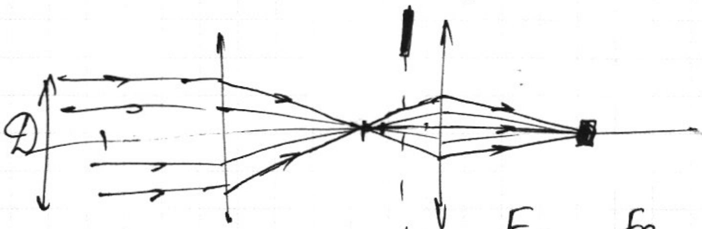
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

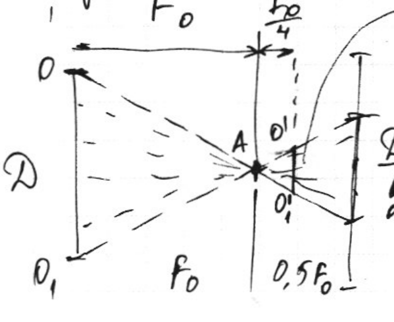


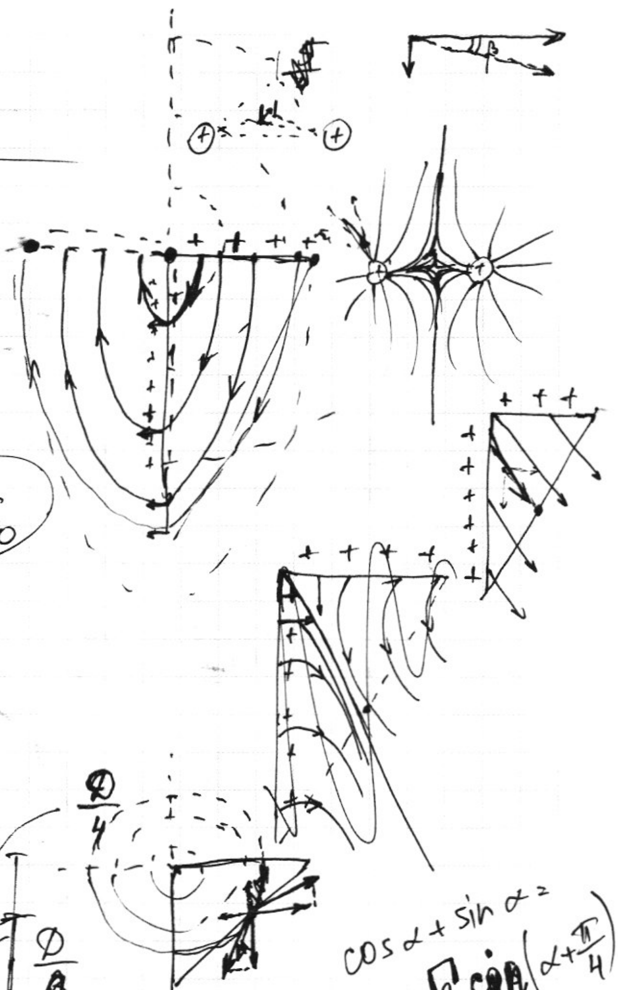
$$\frac{1}{1{,}5F_0-F_0}+\frac{1}{f}=\frac{3}{F_0}$$



$$\frac{1}{f}=\frac{3-2}{F_0} \Rightarrow f=F_0$$







$$\cos\alpha+\sin\alpha=\sqrt{2}\sin\left(\alpha+\frac{\pi}{4}\right)$$

$$\frac{S_0}{S}=\frac{\frac{D^2}{16}}{D^2}=\frac{1}{16}$$

$$\tau_0=\frac{D_м}{v} \Rightarrow v=\frac{D_м}{\tau_0}=\frac{D}{12\tau_0}$$

$$\frac{I_1}{I_0}=\frac{S_0-S_м}{S_0}=\frac{8}{9}$$

$$\Downarrow$$

$$S_м=\frac{1}{9}S_0=\frac{1}{9\cdot16}S$$

$$D_м=\frac{1}{3}D_0=\frac{1}{12}D$$

$$t_1=\tau_0+\frac{D}{4}\cdot\frac{1}{v}=\tau_0+\frac{D}{4}\cdot\frac{12\tau_0}{D}=4\tau_0$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

$$\frac{1}{2}AB\left(1+tg\,\alpha\right)$$

$$I_{01}=max \Rightarrow U_{L_1}=0 \left(\frac{dI_{01}}{dt}=0\right)$$

$$E=\frac{\sigma_1(AB)'+\sigma_2(AB\cdot tg\alpha)'}{4\varepsilon_0}=$$

$$\cancel{=\frac{\sigma_1+\sigma_2\cdot tg\alpha}{4\varepsilon_0}}$$

$$\mathcal{E}=L_2\frac{dI_{01}}{dt}+\frac{dq}{C}\Rightarrow \mathcal{E}=U_C,\ dq=C\mathcal{E}$$

$$\frac{(L_1+L_2)I_{01}^2}{2}+\frac{C\mathcal{E}^2}{2}=C\mathcal{E}^2$$

$$I_{01}=\sqrt{\frac{\boxed{C(L_1+L_2)}}{L_1+L_2}}\,\mathcal{E}$$

$$\cancel{(3C\Im):\ \frac{dI_1}{dt}\overset{?}{=}\frac{dI}{dt}}$$

$$\frac{dI_1}{dt}=\frac{U_0}{L}=const\Rightarrow I_1\sim t$$

$$\cancel{(L_1+L_2)I_0=\mathcal{E}dt}$$

$$\cancel{\frac{(L_1+L_2)I_0^2}{2}+C\mathcal{E}=\frac{C\mathcal{E}^2}{2}+\frac{(L_1+L_2)I_0^2}{2}}$$

$$\cancel{dq+L\frac{dI}{dt}=const}$$

$$\cancel{dI+L\,dI''=0}$$

$$\cancel{\frac{CU_C^2}{2}+\frac{L_2I^2}{2}}$$

- [x] черновик
- [ ] чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

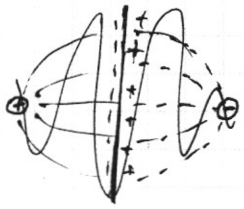
(Нумеровать только чистовики)

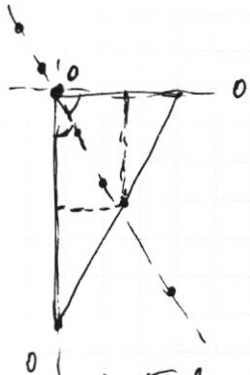
$$2ES = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

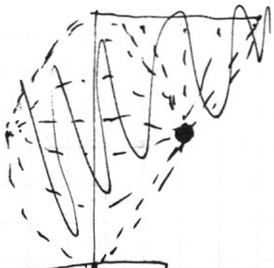
$$E = \frac{q}{\varepsilon_0 2S} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}}$$







$$\cancel{\varphi = E_1 h_1 + E_2 h_2 = \frac{\sigma_1 h_1 + \sigma_2 h_2}{2\varepsilon_0} =}$$

$$\cancel{\varphi = 0 \Leftrightarrow h_1}$$

$$\cancel{= \frac{\sigma_1 \cdot AB + \sigma_2 \cdot AB \cdot tg\,\alpha}{4\varepsilon_0} = AB\frac{\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\,\alpha}{4\varepsilon_0} =}$$

$$\cancel{E = \frac{d\varphi}{dAB} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 \cdot tg\,\alpha}{4\varepsilon_0}}$$

$$\cancel{= AC\frac{\sigma_1 \cdot \cos\alpha + \sigma_2 \sin\alpha}{4\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{d\varphi}{dAC}\,?}$$

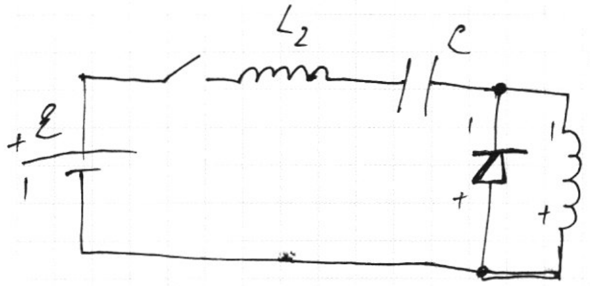
$$t=0: (L_1+L_2)\frac{dI_0}{dt} = \mathcal{E}$$

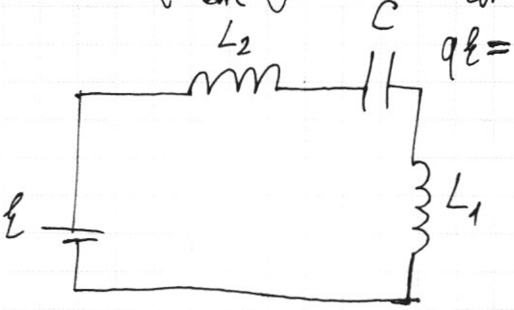
$$t=\frac{T}{4}: U_{m_C} = \mathcal{E} - (L_1+L_2)\frac{dI}{dt}$$

$$tg\frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{1-\frac{\sqrt{2}}{2}}{1+\sqrt{2}/2}} = \sqrt{\frac{2-\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}}\,?$$

$L_1 = 3L$

$L_2 = 2L$

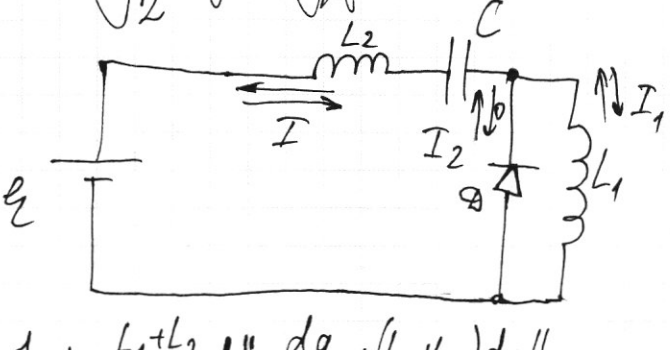




$q\mathcal{E} =$

$$\cancel{\mathcal{E} = L_2\frac{dI}{dt} + \frac{dq}{C} + L_1\frac{dI}{dt}}$$

$$\cancel{\frac{(L_2+L_1)I^2}{2} = C\mathcal{E}}$$



$$\begin{cases} I_2 + I_1 = I; \Rightarrow \left[\begin{array}{l} I = I_1 - \text{no} \curvearrowright; \\ I = I_2 + I_1 - \text{no} \end{array}\right. \\ \mathcal{E} = U_C + L_2\frac{dI}{dt} + L_1\frac{dI_1}{dt} \\ \curvearrowright (зсэ): q\mathcal{E} = \frac{q^2}{2C} + \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} \end{cases} \Big|'$$

$$\frac{dq}{dt}\mathcal{E} = \frac{dq}{2C}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{(L_1+L_2)}{2}\frac{dq}{dt}\cdot\frac{dI}{dt}$$

$$\cancel{\mathcal{E} = \frac{1}{2C}dq + \frac{L_1+L_2}{2}dq''}$$

$$\frac{1}{2C}dq + \frac{L_1+L_2}{2}dq'' = \frac{dq}{C} + (L_1+L_2)dq''$$

$$\Downarrow \quad T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

$$q_{max} = C\mathcal{E}$$

$$\frac{dq}{C} + dq''(L_1+L_2) = 0$$

$$\omega = \left(\sqrt{(L_1+L_2)C}\right)^{-1}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле) Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

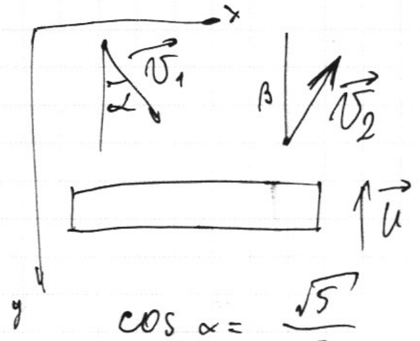
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

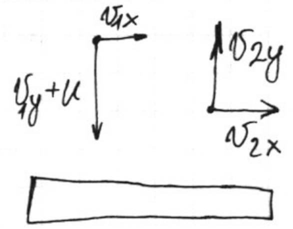
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ИСО плиты:



$\sin(\alpha+\beta)=$

$v_{1y}+u=v_{2y}-u$

$u=\frac{v_{2y}-v_{1y}}{2}$

$\cos\alpha=\frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta=\frac{2\sqrt{2}}{3}$

$v_{2y}-u\leq v_{1y}+u$

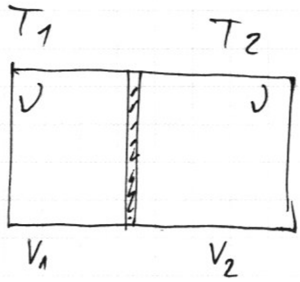
$2u\geq v_{2y}-v_{1y}$

$u\geq\frac{v_{2y}-v_{1y}}{2}=$

$V_2=V_1\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=12\ м/с$

$=\frac{V_1}{2}\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\cos\beta-\cos\alpha\right)=$

$=\frac{V_1}{2}\left(\frac{4\sqrt{2}-\sqrt{5}}{3}\right)=4\sqrt{2}-\sqrt{5}\ м/с$



$Q=0!$

330

$8{,}31\times33$

2493

2493

$274{,}23$

II-й з-н Ньютона для поршня: $p_1S-p_2S=0\Rightarrow p_1=p_2$

$pV_1=\nu RT_1$
$pV_2=\nu RT_2\Rightarrow\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{3}{4}\Rightarrow V_1=\frac{3}{7}V,\ V_2=\frac{4}{7}V$

$T_y:\ \begin{cases}pV_y=\nu RT_y;\\p(V-V_y)=\nu RT_y\end{cases}\Rightarrow V_y=\frac{V}{2},\ \frac{pV}{2}=\nu RT_y\Rightarrow T_y=\frac{pV}{2\nu R}=\frac{\nu RT_1}{\frac{3}{7}V}\cdot\frac{V}{2\nu R}=$

$=\frac{7}{6}T_1=7\cdot55=385\ K$

$Q=\Delta U+A$

$\Delta U_1=\frac{3}{2}\nu R(T_y-T_1)=\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{6}\nu RT_1$

$A=p\Delta V=(V_y-V_1)\cdot p=\left(\frac{V}{2}-\frac{3}{7}V\right)\frac{\nu RT_1}{\frac{3}{7}V}=\frac{1}{6}\nu RT_1$

$Q=\frac{5}{2}\cdot\frac{1}{6}\nu RT_1=\frac{5}{12}\nu RT_1=$

$=\frac{5}{2\cdot12}\cdot\frac{6}{8\cdot55}\cdot R\cdot330=$

$=33\cdot8{,}31=274{,}23\ Дж$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)